

PATENT
0630-1870P

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Young-Joo YEE et al. Conf.:
Appl. No.: NEW Group:
Filed: November 24, 2003 Examiner:
For: OPTICAL RECEIVER AND OPTICAL
TRANSMITTER USING VARIABLE OPTICAL
ATTENUATOR, AND METHOD FOR PRODUCING
VARIABLE OPTICAL ATTENUATOR

L E T T E R

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

November 24, 2003

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55(a), the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on the following application(s):


<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
KOREA	10-2002-0074096	November 26, 2003
KOREA	10-2003-0025458	April 22, 2003
KOREA	10-2003-0026464	April 25, 2003

A certified copy of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

If necessary, the Commissioner is hereby authorized in this, concurrent, and future replies, to charge payment or credit any overpayment to Deposit Account No. 02-2448 for any additional fee required under 37 C.F.R. §§ 1.16 or 1.17; particularly, extension of time fees.

Respectfully submitted,

BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP

By 
James T. Eller, Jr., #39,538

P.O. Box 747
Falls Church, VA 22040-0747
(703) 205-8000

JTE/clb
0630-1870P

Birch, Stewart et al.
(703) 285-8000
2630-1870P
11-24-03

Young Joo Yee et al.

1063
New



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원 번호 : 10-2002-0074096
Application Number

출원 년 월 일 : 2002년 11월 26일
Date of Application NOV 26, 2002

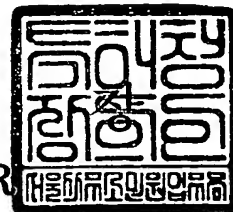
출원인 : 엘지전자 주식회사
Applicant(s) LG Electronics Inc.



2003 년 10 월 14 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】 특허출원서
【권리구분】 특허
【수신처】 특허청장
【참조번호】 0004
【제출일자】 2002.11.26
【국제특허분류】 H01L 1/00
【발명의 명칭】 압전 구동 가변 광 감쇠기 및 제조 방법
【발명의 영문명칭】 PIEZOELECTRICALLY ACTUATED VARIABLE OPTICAL ATTENUATOR AND MANUFACTURING METHOD THEREOF
【출원인】
【명칭】 엘지전자 주식회사
【출원인코드】 1-2002-012840-3
【대리인】
【성명】 박장원
【대리인코드】 9-1998-000202-3
【포괄위임등록번호】 2002-027075-8
【발명자】
【성명의 국문표기】 이영주
【성명의 영문표기】 YEE, Young Joo
【주민등록번호】 680823-1093111
【우편번호】 463-070
【주소】 경기도 성남시 분당구 야탑동 215 매화마을 주공아파트 210동 604호
【국적】 KR
【취지】 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인 박장원 (인)
【수수료】

【기본출원료】	20 면	29,000 원
【가산출원료】	9 면	9,000 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	0 항	0 원
【합계】	38,000 원	

【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 마이크로 미러 및 그 제조방법에 관한 것으로, 특히 광섬유 통신망(fiber-optical communication network)용 광 감쇠기(optical attenuator) 소자로 사용되어 파장 분할 다중화(Wavelength Division Multiplexing:WDM) 방식의 광 네트워크 상에서 광 출력 조절기(optical power regulator), 광 신호 가감 다중화기, 광 신호 연결기 등의 용도로 사용될 수 있으며, 구동 전압 및 소모 전력을 절감하고 소형화 및 생산 비용 절감이 가능한 압전 구동 가변 광 감쇠기 및 제조 방법에 관한 것이다. 종래 가변 광 감쇠기는 광 입출력부를 기계적으로 변위시키거나 광 입출력부 사이에 액정이나 간섭계를 두어 광을 차단시키기 때문에 기계적 변위를 위한 구동 전압 및 부피가 커지고 정밀도 및 속도가 낮으며, 광을 차단하는 경우는 광 손실이 큰 문제점이 있었다. 또한, 광 도파로를 이용하는 경우에는 소모 전력이 크고 광 신호가 왜곡되는 문제점이 있었다. 이와 같은 문제점을 감안한 본 발명 압전 구동 가변 광 감쇠기는 압전 구동 마이크로 미러를 이용하여 광 통신용의 송수신 모듈 인터페이스 주요 부품인 가변 광 감쇠기를 구현하는 것으로서, 마이크로머시닝 기술 및 반도체 일관 공정 등을 통하여 소형 경량화의 인터페이스 부품을 구현할 수 있고 부품 단가를 절감할 수 있으며, 동작 중 구동 전압을 현저히 낮출 수 있는 효과가 있다.

【대표도】

도 1a

【명세서】

【발명의 명칭】

압전 구동 가변 광 감쇠기 및 제조 방법{PIEZOELECTRICALLY ACTUATED VARIABLE OPTICAL ATTENUATOR AND MANUFACTUREING METHOD THEREOF}

【도면의 간단한 설명】

도 1a는 본 발명에 사용되는 압전 구동 마이크로 미러 소자의 입체 사시도.

도 1b는 도 1a의 상부 평면도.

도 2a는 본 발명에 사용되는 압전 구동 마이크로 미러를 이용한 반사형 광 감쇠기의 구성 및 동작 단면도.

도 2b는 도 2a의 미러를 기울인 경우의 동작 단면도.

도 3a는 도 1b의 A-B 절단 사시도.

도 3b는 도 1b의 A-B 절단 단면도.

도 3c는 도 1b의 C-D 절단 단면도.

도 4a 내지 도 4p는 본 발명에 사용되는 압전 구동 마이크로 미러 제조공정 수순 단면도.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

1: 미러 2: 구동용 압전체

3: 압전체 지지 외팔보 4: 회전축

10: 기판 11: 상부 실리콘층

12: 매입 절연막 13: 하부 실리콘층

14: 식각 캐비티 20: 압전체 식각 마스크용 박막
 21: 압전체 식각 마스크용 감광막 22: 압전체 식각 마스크
 30: 미러 반사 영역 형성용 감광막 31: 미러 반사막 형성용 감광막
 32: 미러 반사막 형성 금속 박막 33: 식각 마스크용 감광막
 40: 저응력 절연 박막 41: 식각 마스크 형성 박막
 42: 식각 마스크 패턴 50: 저응력 절연 박막용 감광막
 100: 압전 구동 마이크로 미러 201: 입력 광섬유
 202: 출력 광섬유

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<22> 본 발명은 압전 구동 가변 광 감쇠기 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 특히 광섬유 통신 망(fiber-optical communication network)용 광 감쇠기(optical attenuator) 소자로 사용되어 파장 분할 다중화(Wavelength Division Multiplexing:WDM) 방식의 광 네트워크 상에서 광 출력 조절기(optical power regulator, 광 신호 가감 다중화기, 광 신호 연결기 등의 용도로 사용될 수 있으며, 구동 전압 및 소모 전력을 절감하고 소형화 및 생산 비용 절감이 가능한 압전 구동 가변 광 감쇠기 및 제조 방법에 관한 것이다.

<23> 최근의 컴퓨터 및 통신 기술은 다량의 정보를 송수신할 수 있는 고속 광섬유 통신 기술을 통해 비약적으로 발전하고 있다. 특히 다양한 데이터를 포함하는 멀티

미디어 정보의 고속 전송, 양방향 대화형 통신 환경, 가입자 수의 폭발적인 증가는 기존의 구리선을 이용한 통신망의 한계를 벗어나 더욱 높은 반송 주파수의 고속 전송이 가능한 광신호 형태의 통신망 사용을 확산시키고 있다. 광 통신망 기술의 발전과 더불어 광 통신망을 이루는 각각의 소자들은 송신기의 증폭된 높은 출력 뿐만 아니라 수신기로 인가되는 낮은 출력의 신호에 이르는 넓은 범위의 광 출력을 처리해야 하기 때문에 광의 세기를 조절할 수 있는 가변 광 감쇠기의 중요성이 부각되고 있다.

<24> 단거리 광섬유 전송망을 통해 출사되는 지나치게 높은 수준의 광 세기를 수광부에서 수광하기에 적절하도록 감소시키는 고정 광 감쇠기(fixed optical attenuator)는 이미 널리 사용되고 있으며, 파장 분할 다중화 방식의 광 통신망에서 소정의 주파수 범위를 가지는 다수의 채널 각각에 대한 상대적인 광 출력 비율을 조절 또는 복원하기 위한 가변 광 감쇠기가 개발되고 있다.

<25> 종래 가변 광 감쇠기는 입력 또는 출력 광섬유의 적어도 하나를 기계적으로 움직여 입출력 단 광섬유의 광축을 어긋나게 하는 것으로 출력 광섬유에 입사되는 광량을 조절하도록 한다. 혹은 광축 정렬된 입력단과 출력단 사이에 광 투과율을 조절할 수 있는 액정, 간섭계(Fabry-Perot inteferometor)등을 삽입하여 출력 광섬유에 입사되는 광량을 조절한다. 그리고, 입출력 단 사이에 광 도파로(optical waveguide)를 삽입하여 이 광 도파로의 투과 특성을 조절하여 광량을 감쇠시키는 방식도 사용된다.

<26> 하지만, 상기 기계적 변위에 의한 광 감쇠기는 기계적 구동부를 동작시키기 위해 소모되는 전력이 크며 구동 속도가 느리고 구동 정밀도 역시 낮은 한계가 있다. 또한, 구동을 위한 장치의 크기를 줄이기 어렵기 때문에 소형화 역시 어렵다. 그리고, 액정이나 간섭계를 이용하는 방법은 광손실이 크다는 단점이 있으며 광 도파로를 이용한 열-광학(thermo-optic) 또는 전

기-광학(electro-optic) 가변 광 감쇠기는 소모 전력이 크며 도파로의 특성 상 입력 광 신호의 파장 및 편광에 따른 손실률(polarization dependent loss)이 상이하기 때문에 광 신호의 왜곡을 초래할 수 있다.

<27> 따라서, 고속 구동이 가능하고 저전력을 소모하며, 크기가 작고 광의 왜곡이 없을 뿐만 아니라 저가로 대량 생산이 가능한 균일한 품질의 가변 광 감쇠기가 요구되고 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<28> 상기한 바와 같이 종래 가변 광 감쇠기는 광 입출력부를 기계적으로 변위시키거나 광 입출력부 사이에 액정이나 간섭계를 두어 광을 차단시키기 때문에 기계적 변위를 위한 구동 전압 및 부피가 커지고 정밀도 및 속도가 낮으며, 광을 차단하는 경우는 광 손실이 큰 문제점이 있었다. 또한, 광 도파로를 이용하는 경우에는 소모 전력이 크고 광 신호가 왜곡되는 문제점이 있었다.

<29> 이와 같은 문제점을 감안한 본 발명은 반도체 일관 공정과 마이크로머시닝 기술을 이용하여 감쇠기 소자를 소형 경량화 및 저가화 하는 것은 물론이고 저전력 고속 구동을 실현하며 파장 및 편광 의존성을 현저히 감소시켜 원거리 광 섬유 전송망에서 신호의 왜곡 없이 정보를 전달할 수 있는 압전 구동형 마이크로 미러를 구비한 압전 구동 가변 광 감쇠기 및 그 제조 방법을 제공함에 그 목적이 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<30> 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은 광 신호를 출사하는 입력 광 섬유와; 소정의 각도로 기울어진 반사광을 입사하는 출력 광 섬유와; 기판에 구비된 박막형 압전 구동기에 의해 변형되는 외팔보 형태의 저응력 박막 지지부 일부에 미러가 현가되어 기판으로부터 자유

롭게 구동되며, 상기 입력 광섬유의 광 신호를 소정의 각도로 반사하여 출력 광섬유로 제공하는 압전 구동 마이크로 미러로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

- <31> 상기 압전 구동 마이크로 미러는 소자의 중심에 위치하는 미러와; 상기 미러의 외곽에 배치되며 상기 미러의 소정 부분에 연결되어 상기 미러를 회전 구동 시키기 위한 압전 구동기와; 상기 미러 및 압전 구동기의 일부 영역에 식각 캐비티가 형성된 기판으로 이루어진다.
- <32> 상기 압전 구동기는 구동 전압을 받아들이기 위한 전극 패드들을 구비하는 구동용 압전체와; 상기 압전체를 지지하며 일 측이 상기 미러와 연결되고 타측이 기판에 고정되어 상기 압전체의 구동에 따라 변형이 자유로운 외팔보 형태의 박막으로 이루어진다.
- <33> 상기와 같이 구성되는 본 발명 압전 구동 가변 광 감쇠기 및 그 제조방법의 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- <34> 도1a는 본 발명에 사용되는 압전 구동 마이크로 미러의 사시도이고, 도1b는 도1a의 평면도이며, 도 2a는 상기 도 1b의 X-Y축에 대한 단면도 및 이를 이용한 압전 구동 가변 광 감쇠기의 구조를 나타내고, 도 2b는 상기 도 2a의 미러가 회전 운동 한 경우를 나타낸 것이다.
- <35> 상기 도면들을 참조하여 본 발명에서 사용되는 압전 구동 마이크로 미러(100)와 이를 이용한 압전 구동 가변 광 감쇠기의 기본적인 동작 방법을 알아보도록 한다.
- <36> 도 1a와 1b에 도시된 바와 같이, 미러(1)는 소자의 중심에 위치하며, 상기 미러(1) 주변에는 상기 미러(1)를 회전축(4)으로 회전시키기 위한 압전 구동기가 위치된다. 상기 압전 구동기는 구동용 압전체(2)와 이를 지지하는 외팔보(cantilever) 형태의 박막(3)으로 이루어져 있으며, 상기 구동용 압전체(2)의 일부는 상기 구동용 압전체에 전기를 가하기 위한 상하부 전극들(2-4, 2-5)의 형태를 가진다. 상기 구동용 압전체(2)를 지지하는 외팔보는 그 일측이 고정되

어 있으며, 타측은 상기 미러(1)와 연결되어 있어, 상기 구동용 압전체(2)의 구동에 따라 휘어지게 된다. 상기 외팔보를 이루는 박막(3)을 보면 그 주위 부분이 식각되어 상기 외팔보가 움직일 수 있도록 되어 있음을 알 수 있을 것이다.

<37> 상기 외팔보를 이루는 부분과 미러(1) 부분의 하부에는 기판(13, 12)이 존재하지 않는 상태, 즉 상기 외팔보에 의지하여 미러(1) 부분이 허공에 위치하는 상태가 된다. 이를 좀더 단순히 설명하자면, 상기 미러(1)는 기판으로부터 분리된 외팔보 형태의 지지부에 현가(suspended)되기 때문에 (외팔보 형상의 박막 상부에 위치한 외팔보 형상의 구동 압전체에 의한)외팔보의 움직임에 따라 상기 회전축(4)을 기준으로 회전 운동할 수 있다. 이는 이후 상기 압전 구동 마이크로 미러(100)의 단면도를 참조하면 그 구조가 명확할 것이다.

<38> 상기 도시한 압전 구동기와 미러(1)의 연결 위치는 예로서 도시한 것이며, 구동 속도, 구동 최대 각도, 구동 분해능(resolution) 등 요구되는 미러의 구동 특성에 맞게 미러 주변의 최적 위치로 변경하여 구성할 수도 있으며, 이러한 연결부 위치, 압전 구동 마이크로 미러의 형상 등의 변경은 본 발명에 포괄된다는 것에 유의한다. 상기 압전체(2)는 굽힘 변형이 가능한 상기 외팔보 박막과 기판 상의 고정부에 걸쳐 구성되며, 압전체(2) 패턴은 상기 압전 구동기에 구동 전압을 인가하기 위한 구동용 압전체 하부 전극 패드(2-4) 및 상부 전극 패드(2-5)와 연결된다. 특히, 압전 구동기를 구성하는 압전체와 상기 압전체를 지지하는 외팔보를 형성하는 박막은 통상 각기 고유한 내부 잔류 응력(internal residual stress)을 갖고 있으며, 이 잔류 응력의 차이에 의해 구동 전압이 인가되지 않더라도 외팔보 형태의 압전 구동기가 초기 변형(initial deformation)을 갖게 되어 연결된 미러(1)의 초기 경사각을 유발하게 된다. 본 발명에서는 이러한 초기 변형을 제거하기 위하여 미러를 중심으로 대칭적인 위치에 구동용 압전 구동기와 동일한 형태의 추가의 더미 구동기(dummy actuator)를 배치하고, 미러의 회전 중심 축

인 A-B 선상에 회전 탄성을 제공하는 좁은 폭의 회전 축(torsion axis)(4)을 미러와 기판의 고정부 사이에 연결하여 구성한다.

<39> 이제, 도 2a와 2b를 참조하여 본 발명 압전 구동 가변 감쇠기의 동작을 알아보도록 한다.

<40> 상기 도 2a와 2b는 도 1b의 X-Y를 자른 압전 구동 마이크로 미러(100)의 단면도와 내부 미러(1)에 대해 적절히 광축 정렬된 입력 광 섬유(201) 및 출력 광 섬유(202)가 도시된다.

<41> 도시된 바와 같이, 상기 미러(1)는 소자의 기판 부분과는 이격되어 있으며, 이를 지지하는 외팔보에 의해 도 2b와 같이 회전 운동 할 수 있다.

<42> 먼저, 도 2a는 상기 미러(1)가 회전 운동 하지 않은 상태이며, 이 경우 상기 입력 광 섬유(201)로부터 인입되는 레이저빔은 상기 미러(1)에 반사되어 출력 광 섬유(202)로 인가된다. 상기 출력 광 섬유(202)로 인입되는 광의 궤적이 측면에 도시되어 있다. 상기 입력 광 섬유(201)와 출력 광 섬유(202)는 소정의 각도(θ)로 광 정렬 되어 있기 때문에 출력 광 섬유(202)로 인입되는 광의 궤적은 최대 광량(P_o :빔급)이 출력 광 섬유(202)의 중심을 지난다.

<43> 도 2b에 도시한 바와 같이, 입력 광 섬유(201)에서 출사 되는 레이저 빔을 반사하여 출력 광 섬유 (202)로 광로를 변경하는 미러(1)를 상기 구동용 압전체(2)를 이용하여 소정의 각도 θ

t 만큼 회전 구동하게 되면, 출력 광 섬유 (202)로 진행하는 레이저 광의 궤적이 미러 구동이 없는 경우에 대해 $\Delta\theta$ 만큼 각 변위가 발생하게 되어, 출력 광 섬유 (202)에 들어가는 광량이 변화하게 된다. 출력 광 섬유 (202) 측에 입사 되는 광의 세기 분포(intensity profile)는 통상 광 축을 중심으로 가우시안(Gaussian) 형태를 띠게 되며, 광 궤적의 축과 출력 광 섬유의 입사부(entrance pupil)의 중심 축이 일치되는 경우인 미러 구동이 없는 상태에서는 도 2a의 우측에 도시 된 바와 같이 최대의 광량(P_0)이 전달되나, 미러의 구동에 의해 입사 되는 레이저 빔의 궤적이 출력 광 섬유의 입사부 중심에서 소정의 거리만큼 이동하게 되면 도 2b의 우측에 도시 된 바와 같이 최대출력보다 감쇠 된 광 출력 P_A 가 출력 광 섬유로 인입 되므로, 레이저 광선 궤적의 변위량을 조절하면 가변 감쇠(variable attenuation) 기능을 갖게 된다.

<44> 전술한 바와 같이, 미러(1)가 구동 되지 않은 경우에 출력 단 광 섬유로 전달되는 광량 P_0 에 대해, 미러의 구동 회전각 θ_t 에 의해 야기되는 레이저 빔의 반사 궤적의 각도 변화량은 $\Delta\theta$ 로 되며, 구동 각 θ_t 와 광 궤적의 변위 각 $\Delta\theta$ 는 다음과 같은 식을 가진다.

<45>
$$\Delta\theta = 2 \cdot \theta_t$$

<46> 상기 구동 시 광량 P_A 와 구동 전 광량 P_0 의 비율이 감쇠율(attenuation)이 되며, 이 관계는 다음과 같이 정의할 수 있다.

<47>
$$\text{감쇠율} = \frac{P_A}{P_0}$$

<48> 즉, 미러 (1)의 회전 구동(tilting actuation) 각도에 따라 광 감쇠율을 임의로 조절할 수 있으며, 이런 방식으로 가변 광 감쇠 동작을 수행하게 된다.

- <49> 도 3a 내지 도 3c는 도 1b에 도시한 압전 구동 미러(100)의 A-B 단면 사시도(도 3a) 및 단면도(도 3b)와 C-D 단면도(도 3c)를 도시한다.
- <50> 미러(1)는 소정의 두께를 갖는 미러 판(plate)(1-2)과 이 판의 상부 표면에 형성된 반사 막(1-1)으로 이루어진다. 상기 반사 막(1-1)은 광 섬유 통신에 이용되는 광의 파장 영역에서 높은 반사도를 갖도록 구성하는 것이 바람직하며, 막의 재질로는 금, 알루미늄 등 높은 반사도를 갖는 금속 박막이나 굴절률이 상이한 하나 이상의 투명 절연 막을 적층하여 구성하는 절연 막 미러(dielectric mirror) 구조 등으로 구성될 수 있다. 상기 미러 판(1-2)의 두께는 상기 반사 막(1-1)을 형성한 후의 미러 표면의 변형을 감소시키고 미러의 구동 시 압전 구동기에 의해 가해지는 변형력에 대하여 미러 변형을 억제할 수 있는 소정의 크기로 결정된다. 본 실시예에서 미러 판 (1-2)의 두께는 SOI(silicon on insulator) 구조 기판의 상부 실리콘 층(11)의 두께에 의해 정해지며, 매입 절연막(12)에 의한 식각 정지 특성에 의해 용이하게 가공된다. 기판을 SOI가 아닌 통상의 단결정 실리콘 기판을 이용하여 상기 압전 구동 마이크로 미러(100)를 제조하기 위해서는 미러 판(1-2)에 붕소(boron) 등의 불순물을 고농도로 주입한 후 알칼리계의 실리콘 이방성 식각 용액(anisotropic etchant)에서 식각 정지 현상을 활용하여 가공할 수도 있고, 필요한 미러 판 두께만큼 다결정 실리콘(polysilicon) 등을 증착한 후 패터닝하여 구현할 수도 있다. 상기 미러 구동의 회전 중심 축을 따라 회전 축(4)은 미러 판(1-2)과 미러 주변 고정부인 상부 실리콘 층(11) 사이를 연결하도록 구성되며, 미러 판(1-2)과 외팔보 형태의 구동용 압전체(2) 및 회전 축(4) 하부의 기판은 상기 현가 구조물들이 자유로이 운동할 수 있는 공간을 제공하도록 식각을 이용하여 제거되는 소정의 식각 캐비티(14)를 구비하고 있다. 도 3c의 좌측 상단부에 도시한 확대도는 외팔보 형태의 구동용 압전체의 상세한 구성을 보여주기 위한 단면도이다. 본 발명에 의한 압전 구동기는 박막 형태의 압전 물질(2-2)이 상하부 전극

(2-3, 2-1) 사이에 형성된 압전체 캐패시터(capacitor) 구조 및 이를 지지하는 절연 박막(3)으로 구성된다. 압전 물질의 일례로는 PZT, ZnO 등을 이용할 수 있고 상하부 전극 물질로는 백금(Pt), 산화 루테튬(RuO_2) 등의 금속 박막을 이용하는 것이 바람직하다.

<51> 도 4a내지 도 4p는 본 발명에 의한 가변 광 감쇠기의 주요 구성 부품인 압전 구동 마이크로 미러(100)의 제조 공정을 도시한 수순도이다. 이 제조 방법은 반도체 일관 제조 공정 및 마이크로머시닝 기술을 활용한 것으로 상기 마이크로 미러 소자(100)를 대량으로 제조하는데 적합하다.

<52> 상기 도시 된 압전 구동 마이크로 미러(100)의 일 실시예는, 매입 절연막(12), 상부 실리콘층(11)이 형성된 기판(10)의 상하부에 저응력 절연 막박(40)을 형성하는 단계와; 상기 상부 저응력 절연 막박(40) 상부에 차례로 하부 전극(2-1), 압전 물질(2-2), 상부 전극(2-3)을 형성하여 압전체 커패시터(2)를 형성하고, 그 상부에 식각 마스크용 박막(20)을 증착한 후 감광막(21)을 형성하고 상기 식각 마스크용 박막(20)을 식각하여 식각 마스크(22)를 형성하는 단계와; 상기 식각 마스크(22)를 이용하여 상기 상부 전극(2-3), 압전 물질(2-2), 하부 전극(2-1)을 식각하여 구동용 압전체(2) 구조물을 형성한 후 상기 식각 마스크(22)를 제거하고 감광막(30) 패턴을 이용하여 상기 상부 저응력 절연 박막(40)의 일부를 식각한 다음 상기 감광막(30)을 제거하는 단계와; 상기 상부 구조물 상에 미러가 형성

될 부분이 드러나도록 감광막(31) 패턴을 형성하고 상기 구조물 상부 전면에 반사막(32)을 형성한 후 상기 감광막(31) 상부의 반사막(32) 및 감광막(31)을 제거하는 단계와; 식각 마스크로 사용될 금속막(41)을 구조물 상부에 증착한 후 외팔보 구조를 형성하기 위한 감광막(33) 패턴을 그 상부에 형성하고 이를 이용하여 상기 금속막(41)을 식각한 다음 상기 감광막(33)을 제거하는 단계와; 상기 기판(10) 하부에 형성된 저응력 절연 박막(40) 표면에 감광막(51) 패턴을 형성하고, 이를 이용하여 상기 절연 박막(40)을 식각하고 식각 마스크(51)를 형성하는 단계와; 상기 식각 마스크(51)를 이용하여 상기 매입 절연막(12)이 드러나도록 실리콘 기판(13)을 식각하여 식각 캐비티(14)를 형성하는 단계와; 상기 하부 구조물 전면에 미러 구조를 위한 감광막(60) 패턴을 형성하고 이를 이용하여 상기 매입 절연막(12) 및 상부 실리콘층(11)을 식각한 후 상기 감광막(60)을 제거하는 단계와; 상기 상부 금속막(41)을 이용하여 상부 저응력 절연 박막(40)을 식각하는 단계로 이루어진다.

<53> 상기 공정 단계들을 좀더 상세히 설명하도록 한다.

<54> 먼저, 도 4a에 도시된 바와 같이, 소정의 두께로 가공된 상부 실리콘 층(11)이 매입 절연막(12)상에 형성되어 있는 SOI(silicon on insulator) 기판(10)을 원재료로 하여, 상기 기판의 전후면에 저응력(low-stress) 절연 박막(40)을 형성한다. 상기 절연 박막(40)은 잔류 응력을 최소화한 저응력 실리콘 질화 막(low-stress silicon nitride) 등을 이용할 수 있다.

<55> 또한, 상기 상부 실리콘층(11)은 미러 표면의 변형을 감소시키고 미러의 구동 시 압전 구동기에 의해 가해지는 변형력에 대하여 미러 변형을 억제하기 위한 미러 판을 형성하는데 사용되므로 그 두께를 조절함에 따라 미러의 두께가 조절된다.

<56> 그 다음, 도 4b에 도시된 바와 같이, 상기 저응력 절연 박막(40)이 형성된 기판(10)의 상부 표면에 상하부 금속 사이에 매입된 압전체 캐패시터(2)를 형성하기 위하여 백금(Pt) 등의

하부 전극(2-1), PZT 등의 압전 물질(2-2), 백금 또는 산화 루테튬(RuO_2) 등의 상부 전극(2-3)을 박막 형태로 소정의 두께만큼 적층 한 후, 상기 압전체 캐패시터를 패터닝 하기 위한 식각 단계에서 식각 마스크로 이용될 하드 마스크(hard mask)용 물질을 박막 형태로 증착하고, 사진 묘화 공정(photolithography)을 이용하여 상기 하드 마스크를 패터닝 하기 위한 식각 마스크 형상을 감광막(photoresist)에 전사한다.

<57> 그 다음, 도 4c에 도시된 바와 같이, 상기 감광막 형상을 통해 드러난 압전체 식각 마스크 형성용 박막(20)을 건식 식각 또는 습식 식각 등의 방법으로 제거한 후 기판 표면에 잔류하는 감광막을 제거하여 압전체 캐패시터 식각 마스크(22)를 형성한다.

<58> 그 다음, 도 4d에 도시된 바와 같이, 상기 식각 하드 마스크 형상을 통해 드러난 상부 전극(2-3)용 금속 박막, 압전 물질(2-2), 하부 전극(2-1)용 금속 박막을 순차적으로 식각 하여 구동용 압전체 형상을 가공한다.

<59> 그 다음, 도 4e에 도시된 바와 같이, 미리 판이 형성될 영역의 저응력 절연 박막을 제거 하기 위한 식각 마스크로 이용될 감광막(30)을 사진 묘화 공정으로 패터닝 한다.

<60> 그 다음, 도 4f에 도시된 바와 같이, 드러난 저응력 절연 박막 영역을 식각 하여 평탄한 반사면이 형성될 소정의 상부 실리콘층(11) 영역을 정의하고, 드러난 상기 저응력 절연 막을 제거하고 상기 감광막은 제거한다.

<61> 그 다음, 도 4g에 도시된 바와 같이, 반사면으로 사용되는 미리 영역을 감광막 리프트 오프(lift-off) 방법으로 구현하기 위하여 감광막(31)을 도포하여 사진 묘화 방법으로 패터닝 하고, 패터닝 된 감광막 상에 반사도가 높은 미리 면을 제공할 금 또는 알루미늄 등의 미리 반사 막 형성 금속 박막(32)을 증착한다.

- <62> 그 다음, 도 4h에 도시된 바와 같이, 상기 감광막(31)을 아세톤 또는 솔벤트(solvent)류의 화학 약품에서 녹여내어, 미러 영역 이외의 반사 막 형성 금속 박막을 제거하는 미러 반사막(1-1) 패터닝한다.
- <63> 그 다음, 도 4i에 도시된 바와 같이, 추후 진행될 릴리즈(release) 공정의 식각 하드 마스크로 이용되는 크롬 등의 금속 박막 (41)을 증착 한 후, 상기 금속 박막을 패터닝 하기 위한 감광막 (33) 형상을 사진 묘화 공정으로 형성한다.
- <64> 상기 릴리즈 공정이란 미러 부분과 외팔보 및 그 상부의 구동용 압전체 일부의 하부 기판 부분을 제거하여 상기 외팔보 및 구동용 압전체로 이루어진 압전 구동부의 일부에 현가된 미러 부분이 자유롭게 동작할 수 있도록 하는 것이다.
- <65> 그 다음, 도 4j에 도시된 바와 같이, 상기 감광막 (33)을 통해 드러난 식각 하드 마스크용 금속 박막(41)을 습식 식각(wet chemical etching) 또는 반응성 이온 식각(RIE: reactive ion etching) 등의 건식 식각(dry etching) 중 하나로 제거하여 릴리즈 식각 마스크 패턴(42)을 미리 기판 상부 표면에 형성해 둔다.
- <66> 그 다음, 도 4k에 도시된 바와 같이, 기판(10)의 하부 실리콘층(13)에 형성된 저응력 절연 박막(40) 표면에 양면 정렬 방법에 의한 사진 묘화 공정으로 감광막 (50)을 패터닝한다.
- <67> 그 다음, 도 4l에 도시된 바와 같이, 상기 감광막(50)을 통하여 드러난 저응력 절연 박막(40)을 하부 실리콘 기판(13)이 드러날 때까지 식각하고 잔류 감광막을 제거하여 하부 실리콘 층 식각용 마스크 패턴(51)을 형성한다.
- <68> 그 다음, 도 4m에 도시된 바와 같이, 압전체 등이 형성되어 있는 기판의 상부 면을 보호하고 상기 하부 식각용 마스크 패턴을 통해 드러난 하부 실리콘 층을 KOH(potassium

hydroxide), EDP(ethylenediamine pyrocatechol), TMAH(tetramethyl ammonium hydroxide) 등의 알칼리 수용액에서 식각 하여 식각 캐비티(14)를 형성한다. 상기와 같이 식각이 진행되어 매입 절연막(12)이 드러나게 되면 식각률이 현저하게 감소하는 식각 정지 특성을 이용하여 균일한 식각 캐비티(14) 형상을 가공할 수 있다.

<69> 그 다음, 도 4n에 도시된 바와 같이, 식각 캐비티 내부 및 하부 기판 표면에 감광막을 도포하고 사진 묘화 기술로 미리 판 식각 마스크용 감광막(60)을 패터닝 한다.

<70> 그 다음, 도 4o에 도시된 바와 같이, 상기 감광막(60)을 통하여 드러난 매입 절연막(12) 및 상부 실리콘층(11)을 기판 하부로부터 식각 하여 제거하고 상부 기판 면의 저응력 절연 박막(40)이 드러나도록 한 후 잔류 감광막을 제거한다.

<71> 그 다음, 도 4p에 도시된 바와 같이, 이미 기판 상부 표면에 형성된 릴리즈 식각 마스크 패턴(42)을 통하여 드러난 저응력 절연 박막(40)을 기판 상부로부터 식각 하여 제거하고 잔류 릴리즈 식각 하드 마스크 물질을 제거한다. 여기서 미러(1), 외팔보 형태의 구동용 압전체(2) 및 지지 박막(3), 회전 축(4) 등이 기판의 고정부로부터 현가 된다.

<72> 상기와 같은 공정 단계를 거쳐 기판 웨이퍼(wafer) 상에 다수 개 완성된 압전 구동 마이크로 미러(100) 소자는 다이싱(dicing) 공정을 이용하여 개별 소자로 분리되고, 각각의 압전 구동 마이크로 미러(100)와 입출력 광 섬유(201, 202)를 소정의 각도 θ 를 이루도록 광 축 정렬하여 패키지(package) 내에 조립함으로써 본 발명에 의한 압전 구동 가변 광 감쇠기를 구현할 수 있다.

<73> 상기 광 섬유(201, 202)와 미러(1) 사이에는 레이저 빔을 집속할 수 있는 렌즈를 더 부가할 수 있으며, 상기 광 섬유(201, 202) 자체에 렌즈 기능이 부가될 수 있으며, 상기 패키지

에는 상기 광 섬유(201, 202)가 상기 압전 구동 마이크로 미러 (100)의 반사면(1)에 수직인 가상 축에 대해 소정의 대칭 각도로 정렬 조립되도록 하는 광섬유 장착부를 포함할 수 있다.

<74> 상기 압전 구동 가변 광 감쇠기는 파장 분할 다중화(WDM: wavelength division multiplexing) 방식의 광 네트워크 상에서 광 출력 조절기(optical power regulator), 광 신호 가감 다중화기(optical add/drop multiplexer), 광 신호 연결기(optical cross-connects) 등의 다양한 용도로 적용할 수 있다.

【발명의 효과】

<75> 상기한 바와 같이 본 발명 압전 구동 가변 광 감쇠기는 압전 구동 마이크로 미러를 이용하여 광 통신용의 송수신 모듈 인터페이스 주요 부품인 가변 광 감쇠기를 구현하는 것으로서, 마이크로머시닝 기술 및 반도체 일관 공정 등을 통하여 소형 경량화의 인터페이스 부품을 구현할 수 있고 부품 단가를 절감할 수 있으며, 동작 중 구동 전압을 현저히 낮출 수 있는 효과가 있다. 또한, 본 발명 압전 구동 가변 광 감쇠기는 고속 구동이 가능하며 파장 및 편광 의존성을 현저히 감소시켜 원거리 광 섬유 전송망에서 신호의 왜곡 없이 정보를 전달할 수 있으며, 파장 분할 다중화 방식의 광 네트워크 상에서 광 출력 조절기, 광 신호 가감 다중화기, 광 신호 연결기 등의 다양한 용도로 적용할 수 있는 효과가 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

광 신호를 출사하는 입력 광 섬유와; 소정의 각도로 기울어진 반사광을 입사하는 출력 광 섬유와; 기판에 구비된 박막형 압전 구동기에 의해 변형되는 외팔보 형태의 저응력 박막 지지부 일부에 미러가 현가되어 기판으로부터 자유롭게 구동되며, 상기 입력 광섬유의 광 신호를 소정의 각도로 반사하여 출력 광섬유로 제공하는 압전 구동 마이크로 미러로 이루어지는 것을 특징으로 하는 압전 구동 가변 광 감쇠기.

【청구항 2】

제 1항에 있어서, 상기 압전 구동 마이크로 미러는 소자의 중심에 위치하는 미러와; 상기 미러의 외곽에 배치되며 상기 미러의 소정 부분에 연결되어 상기 미러를 회전 구동 시키기 위한 압전 구동기와; 상기 미러 및 압전 구동기의 일부 영역에 식각 캐비티가 형성된 기판으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 압전 구동 가변 광 감쇠기.

【청구항 3】

제 2항에 있어서, 상기 압전 구동기는 구동 전압을 받아들이기 위한 전극 패드들을 구비하는 구동용 압전체와; 상기 압전체를 지지하며 일 측이 상기 미러와 연결되고 타측이 기판에 고정되어 상기 압전체의 구동에 따라 변형되는 외팔보 형태의 박막으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 압전 구동 가변 광 감쇠기.

【청구항 4】

제 2항에 있어서, 상기 압전 구동기의 구동용 압전체는 상부 금속 전극/압전 물질/하부 금속 전극 형태의 압전체 캐패시터(capacitor) 구조를 가지며, 외팔보 형태의 저응력 절연 박

막의 기관 고정 영역 및 운동이 자유로운 현가 영역에 걸쳐 형성되는 것을 특징으로 하는 압전 구동 가변 광 감쇠기.

【청구항 5】

제 2항에 있어서, 상기 미러는 얇은 반사 막과 미러의 변형을 최소화 하기위한 소정의 두께를 갖는 미러 판(plate)을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 압전 구동 가변 광 감쇠기.

【청구항 6】

제 2항에 있어서, 상기 압전 구동 마이크로 미러는 상기 미러에 반사된 레이저 빔이 출력 광 섬유에 중심 축으로부터 소정의 방향으로 변위를 갖도록 적어도 하나 이상의 방향으로 구동할 수 있는 압전 구동기를 구비하는 것을 특징으로 하는 압전 구동 가변 광 감쇠기.

【청구항 7】

제 2항에 있어서, 상기 압전 구동 마이크로 미러는 구동기가 구비된 위치에서 미러를 중심으로 하여 대칭적인 위치에 동일한 형상의 더미(dummy) 구동기 구조물을 부가하여, 상기 압전 구동기에 의해 마이크로 미러에 미치는 잔류 응력의 영향을 상쇄하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 압전 구동 가변 광 감쇠기.

【청구항 8】

제 2항에 있어서, 상기 압전 구동기의 변형을 상기 미러의 회전 운동으로 변환하며, 미러의 회전 운동의 중심 축을 제공하기 위한 탄성체 회전 축이 미러의 회전 중심 선을 따라 위치하며, 상기 회전 축은 기관에 고정되는 것을 특징으로 하는 압전 구동 가변 광 감쇠기.

【청구항 9】

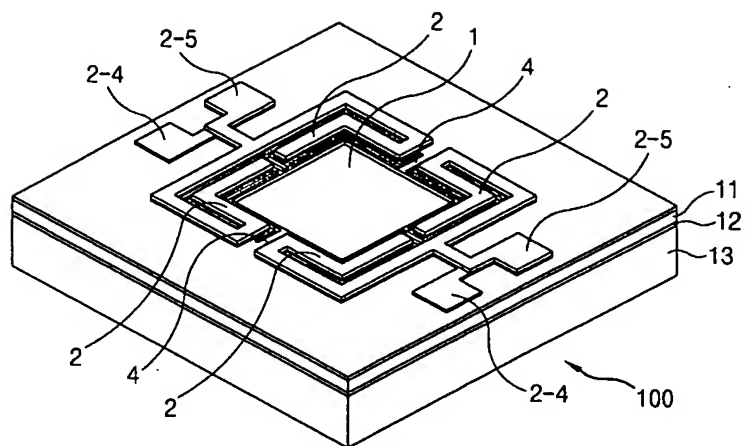
제 1항에 있어서, 입력 광 섬유에서 출사되거나 출력 광섬유로 입사되는 레이저 빔의 집속을 위해 렌즈를 부가하거나 또는 상기 입출력 광 섬유에 렌즈 기능을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 압전 구동 가변 광 감쇠기.

【청구항 10】

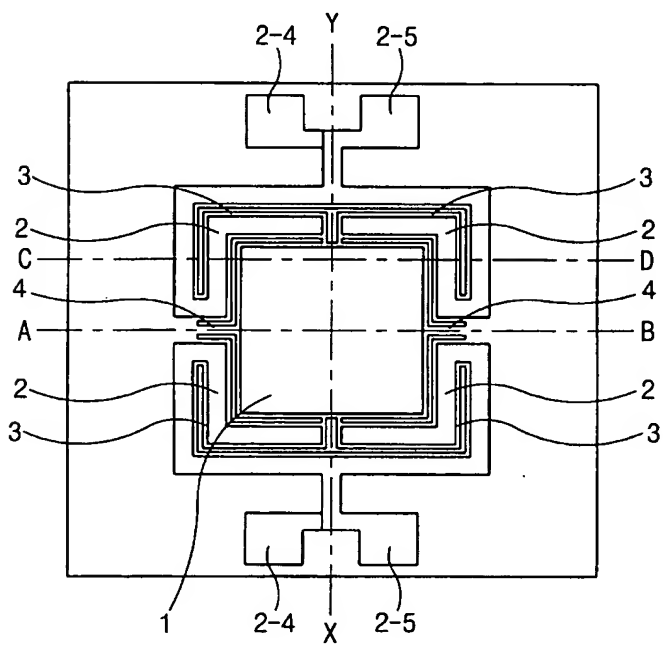
매입 절연막(12), 상부 실리콘층(11)이 형성된 기판(10)의 상하부에 저응력 절연 막박(40)을 형성하는 단계와; 상기 상부 저응력 절연 막박(40) 상부에 압전체 커패시터(2) 및 식각 마스크(22)를 형성하는 단계와; 상기 식각 마스크(22)를 이용하여 상기 압전체 커패시터(2)를 식각하여 구동용 압전체(2) 구조물을 형성한 후 상기 식각 마스크(22)를 제거하고 상기 상부 저응력 절연 막박(40)의 일부를 감광막(30) 패턴으로 식각하는 단계와; 상기 상부 구조물에서 미러가 형성될 부분에만 반사막(32)을 형성하는 단계와; 식각 마스크로 사용될 금속막(41)을 구조물 상부에 증착한 후 외팔보 구조를 형성하기위해 패터닝하는 단계와; 상기 기판(10) 하부에 형성된 저응력 절연 막박(40)을 식각하여 식각 마스크(51)를 형성하는 단계와; 상기 식각 마스크(51)를 이용하여 실리콘 기판(13)을 식각한 후 식각 캐비티(14)를 형성하는 단계와; 상기 하부 구조물 전면에 감광막(60) 패턴을 형성하고 이를 이용하여 상기 매입 절연막(12) 및 상부 실리콘층(11)을 식각하는 단계와; 상기 상부 금속막(41)을 이용하여 상부 저응력 절연 막박(40)을 식각하는 단계로 이루어지는 것을 특징으로 하는 압전 구동 가변 광 감쇠기 제조 방법.

【도면】

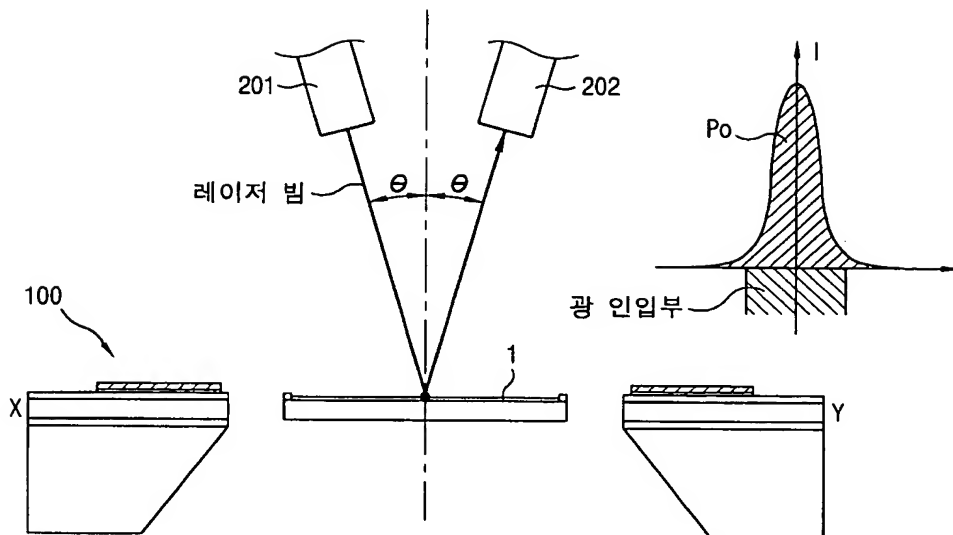
【도 1a】



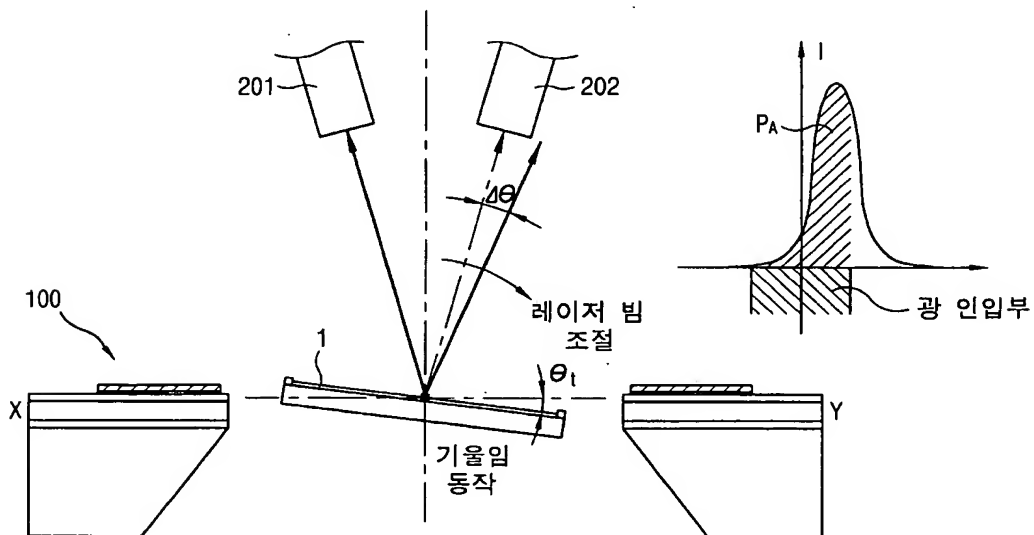
【도 1b】



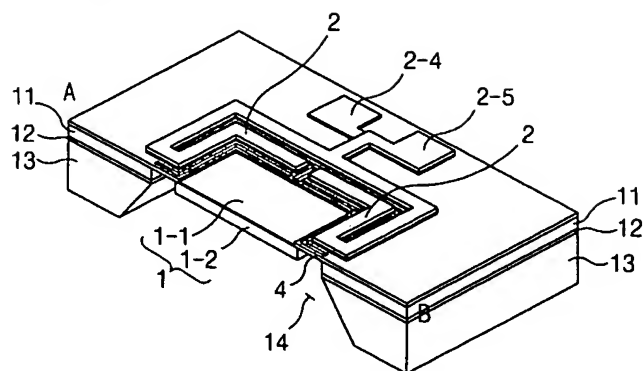
【도 2a】



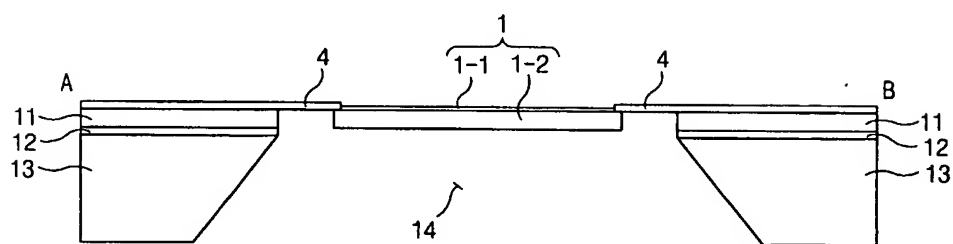
【도 2b】



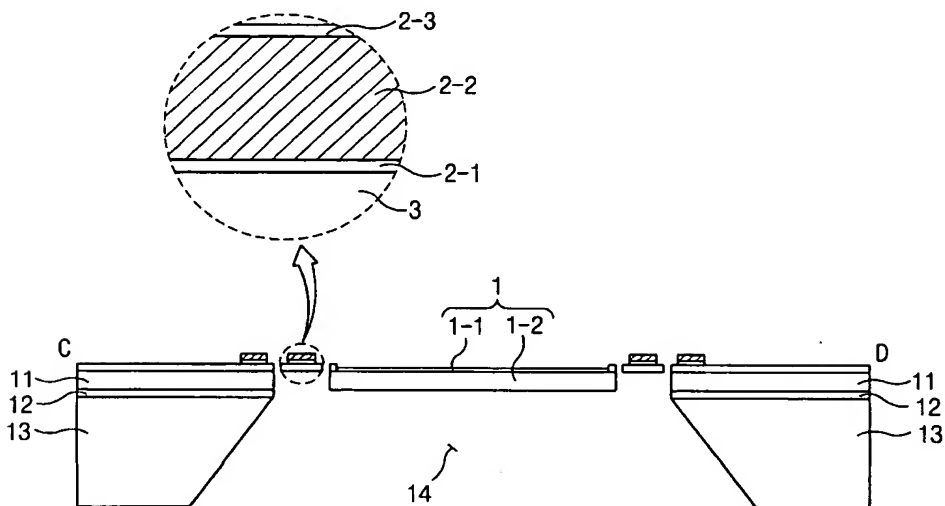
【도 3a】



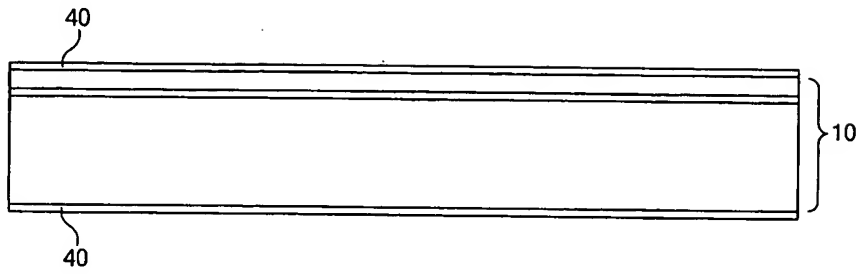
【도 3b】



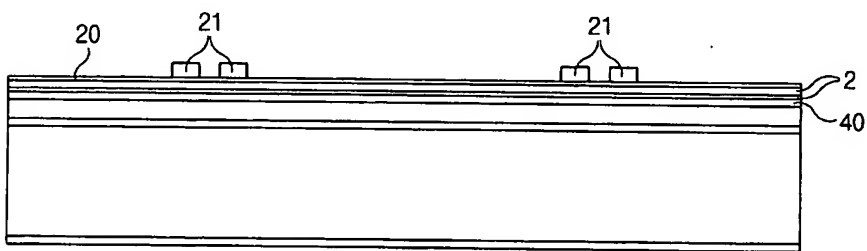
【도 3c】



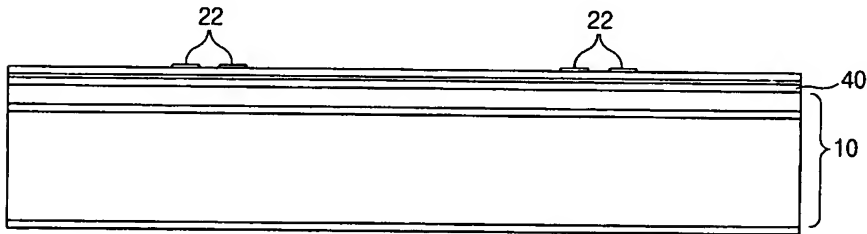
【도 4a】



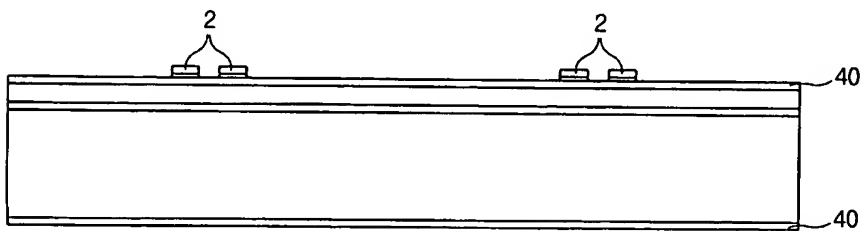
【도 4b】



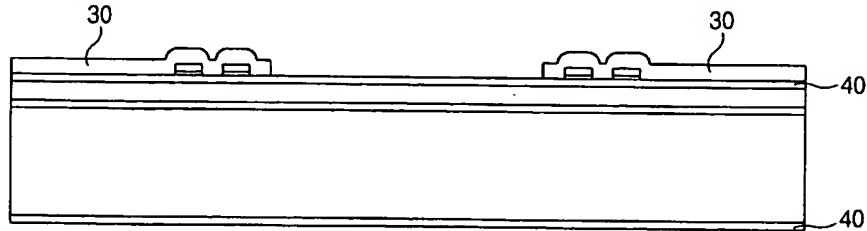
【도 4c】



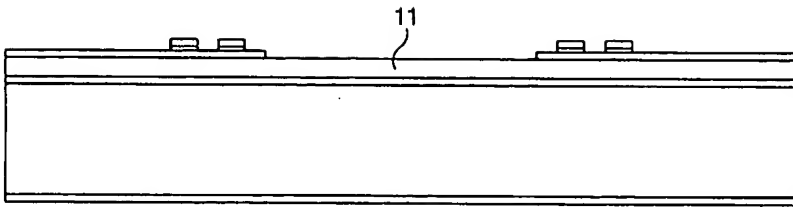
【도 4d】



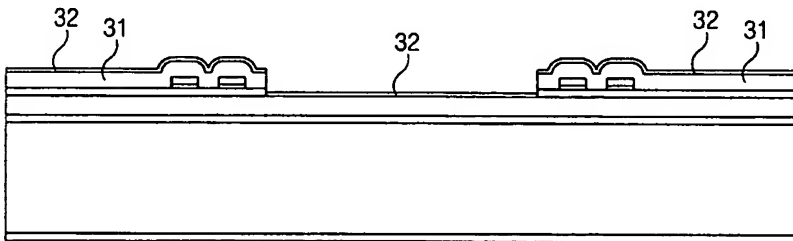
【도 4e】



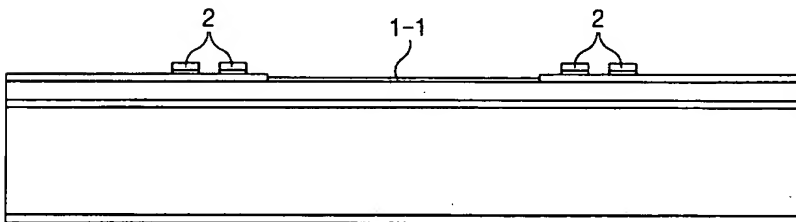
【도 4f】



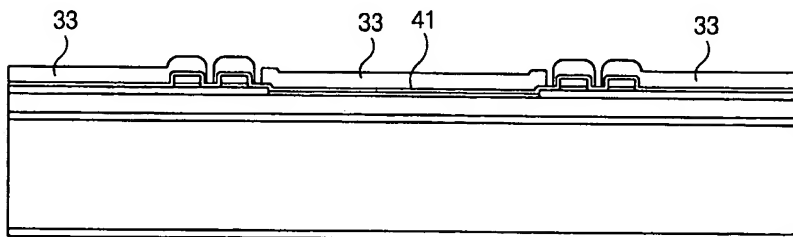
【도 4g】



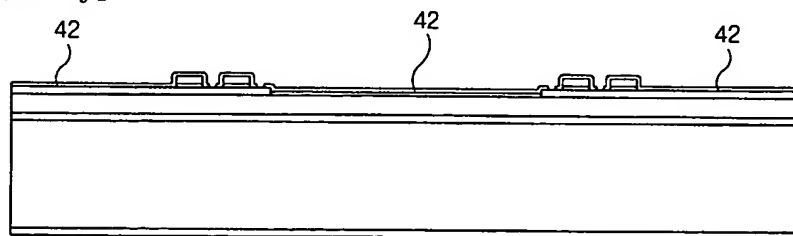
【도 4h】



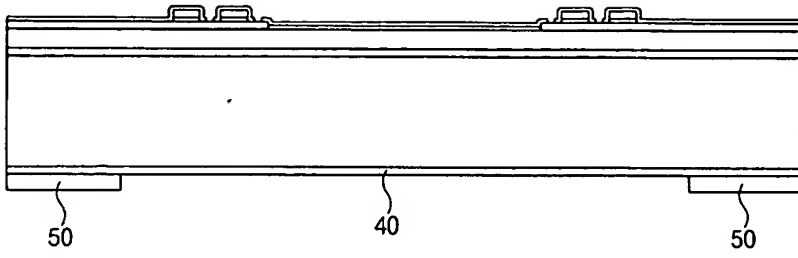
【도 4i】



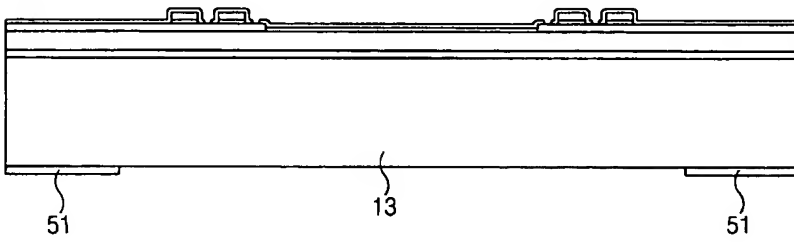
【도 4j】



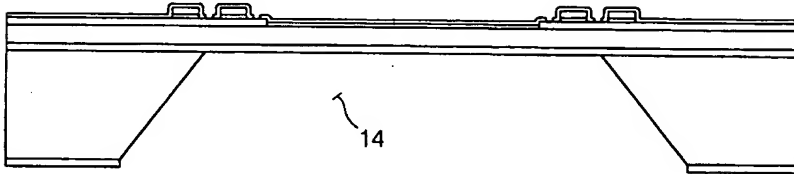
【도 4k】



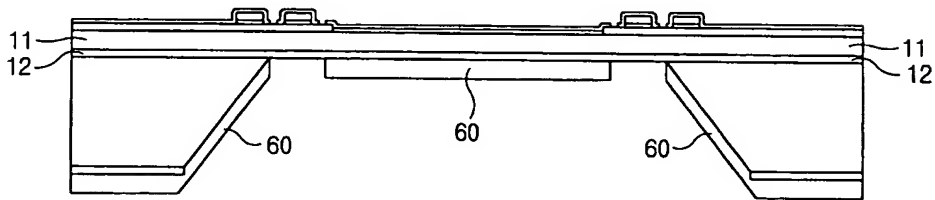
【도 4l】



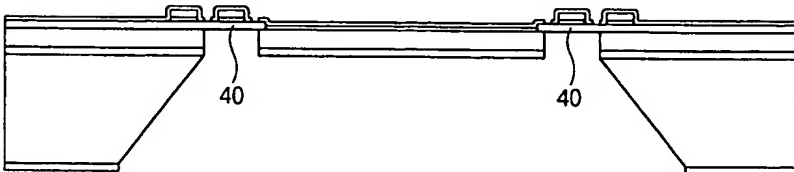
【도 4m】



【도 4n】



【도 4o】



【도 4p】

